



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 39 43 697.7-32
22 Anmeldetag: 22. 5. 89
43 Offenlegungstag: 29. 11. 90
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 7. 7. 94

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

73 Patentinhaber:
Gottlob Thumm GmbH, 78549 Spaichingen, DE

74 Vertreter:
Gleiss, A., Dipl.-Ing.; Große, R., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 70469 Stuttgart

82 Teil aus: P 39 16 619.8

72 Erfinder:
Antrag auf Nichtnennung

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 20 56 152
C. Bălă, Al. Fetita, V. Lefter: Handbuch der
Wickeltechnik elektrischer Maschinen, VEB Verlag
Technik, Berlin 1976, S. 417;
K. Falk: Zum Träufel Imprägnieren der Wicklungen
elektrischer Maschinen. In: ETZ-A, Bd. 90 (1969),
H. 22, S. 573 bis 576;
Firmenschrift der Statomat-Micafil AG, Zürich.
»Harz-Träufelautomat für Anker und Statoren«
Druckvermerk M15540 77063000/9;

54 Verfahren und Anlage zum Träufel-Imprägnieren

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung
zum Träufel-Imprägnieren von Wicklungen aufweisenden
oder Spulen bildenden elektrischen Bauteilen, insbesondere
von Rotoren und Statoren elektrischer Maschinen, wobei
jedes elektrische Bauteil mit flüssigem Imprägniermittel
imprägniert wird und während des Träufelns ständig oder
zeitweise rotiert sowie zumindest zeitweise schräggestellt
ist. Es ist vorgesehen, daß das Imprägnieren in einem
luftdicht verschlossenen Behälter unter Anwendung von
Unterdruck erfolgt und daß das Schräggstellen des elektri-
schen Bauteils durch sein Schwenken relativ zum Behälter
bewirkt wird.

DE 39 43 697 C 2

DE 39 43 697 C 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Träufel-Imprägnieren von elektrischen Bauteilen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 7.

Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist aus der Literaturstelle ETZ-A Band 90 (1969) H. 22 "Zum Träufel-Imprägnieren der Wicklungen elektrischer Maschinen" von Karl Falk bekannt. Aus Seite 573, linke Spalte, geht hervor, daß das Imprägnieren von Wicklungen elektrischer Maschinen unter Rotation und Schrägstellung des Bauteils im Träufelverfahren durchgeführt werden kann. Es wird darauf hingewiesen, daß diese Methode gegenüber der herkömmlichen Vakuumtränkung vor allem fertigungstechnische Vorteile hat. Die erwähnte herkömmliche Vakuumtränkung erfolgt durch Eintauchen der zuvor entgasten Bauteile in das Imprägniermittel. Es ist auch möglich, das elektrische Bauteil in einen Behälter einzubringen und anschließend aus ihm die Luft zur Erzeugung eines Unterdrucks abzusaugen. Dann wird Flüssigimprägniermittel aus einem Vorratstank in den Behälter eingeleitet, so daß das in ihm befindliche elektrische Bauteil von dem Imprägniermittel überflutet wird. Nach einer gewissen Zeit wird im Behälter durch Öffnen eines Ventils wieder der normale atmosphärische Luftdruck hergestellt. Das in dem Behälter befindliche Imprägniermittel wird dann in den Vorratstank abgelassen. Das elektrische Bauteil bleibt so lange im Behälter, bis von ihm kein Imprägniermittel mehr abtropft. Dann wird es aus dem Behälter genommen und in einen Wärmeschrank gebracht, wo es unter Rotation aushärtet.

Das bekannte Träufelverfahren führt nicht immer zu ausreichenden Imprägnierungsergebnissen, da die Bildung von Hohlräumen im Imprägniermittel nicht ausgeschlossen ist. Auch bei dem Tauchimprägnieren ist ein blasenfreies Tränken nicht immer gegeben, überdies erfordert die Tränkmethode eine sehr große Imprägniermittelmenge und führt zu Verlusten des Imprägniermittels durch Abtropfen und verbleibenden Resten im Behälter usw.

Aus der DE-OS 20 56 152 ist ein Imprägnierverfahren bekannt, bei dem das zu imprägnierende Bauteil zunächst eine saugfähige Bedeckung erhält, die aus imprägniermitteldurchlässigem Isoliermaterial besteht. Anschließend wird die so präparierte Wicklung des Bauteils in einen evakuierbaren Imprägnierbehälter eingebracht und dort entgast. Anschließend wird das Bauteil in Rotation versetzt und der Bedeckung Imprägniermittel durch Übergießen oder segmentweises Eintauchen bis zum Vollsaugen der Bedeckung bei gleichzeitiger Erhöhung des Drucks auf zumindest Normaldruck zugeführt. Anschließend erfolgt ein Härtingsprozeß.

Aus der Literaturstelle C. Bălă, Al. Fetita, V. Lefter: Handbuch der Wickeltechnik elektrischer Maschinen, VEB Verlag Technik, Berlin 1976, Seite 417 ist es bekannt, ein Träufel-Imprägnieren bei schräg eingespanntem, rotierenden Werkstück durchzuführen. Das schräge Einspannen erfolgt vor der Zuführung des Imprägniermittels.

Aus der Literaturstelle K. Falk: "Zum Träufel-Imprägnieren der Wicklungen elektrischer Maschinen", ETZ-A, Bd. 90 (1969), H. 22, Seite 573 bis 576 ist es bekannt, Wicklungen kleiner elektrischer Maschinen mittels eines Träufelverfahrens zu imprägnieren. Hierzu wird der vorgewärmte, wicklungstragende Teil unter ständiger

Drehung mit Gießharz beträufelt. Die Drehung kann um eine geneigte Drehachse erfolgen. Alternativ ist es auch möglich, die Träufel-Imprägnierung bei waagrecht verlaufender Drehachse durchzuführen.

Schließlich geht aus der Firmenschrift der Statomat-Micafil AG, Zürich: "Harz-Träufelautomat für Anker und Statoren", Druckvermerk M 15540 77063000/9, ein Schrägstellen eines zu imprägnierenden Stators hervor.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anlage der eingangs genannten Art zu schaffen, das zu optimalen Imprägnierungsergebnissen führt.

Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Imprägnieren in einem luftdicht verschlossenen Behälter bei Unterdruck erfolgt und daß das Schrägstellen des elektrischen Bauteils durch sein Schwenken relativ zum Behälter bewirkt wird. Durch die Kombination des Träufel-Imprägnierens, der Vakuumbildung, dem Rotieren und dem Schrägstellen ist ein blasenfreies gleichmäßiges Imprägnieren unter sparsamen Einsatzes des Imprägniermittels möglich. In der Fachsprache wird das Unterdruck-Imprägnieren auch als Vakuum-Imprägnieren bezeichnet. Bei den Wicklungen aufweisenden elektrischen Bauteilen kann es sich insbesondere um Rotoren und Statoren elektrischer Maschinen handeln. Jedoch sind auch andere Wicklungen aufweisende Bauteile mit dem erfindungsgemäßen Verfahren imprägnierbar, beispielsweise in vielen Fällen auch Transformatoren. Durch das Träufeln läßt sich das Imprägniermittel gezielt an diejenigen Stellen des elektronischen Bauteils bringen, an denen es benötigt wird und von wo aus es sich über die betreffende Spule oder Spulen, Wicklungsstränge, Nuten usw. unter Mitwirkung des Unterdrucks und des Bewegens des Bauteils weiter verteilen kann. Man kommt deshalb — wie bereits erwähnt — mit minimalen Mengen an Imprägniermittel und mit minimalen Verlusten oder sogar ohne Verluste an Imprägniermittel aus. Auch besteht kaum Verschmutzungsgefahr der nicht zu imprägnierenden Bereiche der elektrischen Bauteile, so daß entsprechende Nach- oder Vorarbeiten an ihnen, die bisher erforderlich waren, wie Abdecken nicht zu imprägnierender Bereiche, Nachdrehen von Wellen usw., entfallen können. Auch lassen sich die Energiekosten gering halten. Die bisher erforderlichen, bei der Tauchimprägnierung notwendigen großen Imprägniermittel-Vorratstanks können entfallen, da an ihrer Stelle wesentlich kleinere Vorratsgefäße treten.

Auch kann im Behälter nicht nur das Aufbringen des Imprägniermittels auf die elektrischen Bauteile erfolgen, sondern es kann in ihm in einem fortlaufenden Arbeitsgang auch das Gelieren bzw. das vollständige Aushärten des Imprägniermittels am elektrischen Bauteil durchgeführt werden, so daß der bisher stets erforderliche gesonderte Wärmeschrank entfallen kann. Auch läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren äußerst arbeitssparend und zeitsparend durchführen und es eignet sich auch dazu, den Arbeitsablauf teilweise automatisch oder vollautomatisch durchzuführen. Vorzugsweise kann eine Steuervorrichtung, insbesondere eine Programmsteuervorrichtung vorgesehen sein, die den gesamten Arbeitsablauf vorzugsweise bis einschließlich des Aushärtens des Imprägniermittels steuert.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht Imprägnierungen, die nach dem Aushärten höchstens noch unwesentliche Lufteinschlüsse enthalten und alle zur Ausfüllung durch das Imprägniermittel vorgesehenen Hohlräume sind praktisch vollständig durch das Imprägniermittel ausgefüllt.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet u. a. schon wegen des geringeren Bedarfs an Imprägniermittel und geringeren Imprägniermittelverlusten und des gezielten Zuführens des Imprägniermittels zu den zu imprägnierenden Bereichen der elektrischen Bauteile sogar dann gegenüber den herkömmlichen Verfahren erhebliche Vorteile, wenn es so durchgeführt wird, daß nur das Imprägnieren der Maschinenteile in dem Behälter unter Anwendung von Unterdruck durch Träufeln durchgeführt wird und man dann das elektrische Bauteil in einen herkömmlichen Wärmeschrank einbringt und es in ihm in eine Dreheinrichtung einspannt, die es während des nun beginnenden Aushärtens zumindest so lange dreht, bis das Imprägniermittel nicht mehr fließen kann. Es wird dann zwar auch vom Bauteil Imprägniermittel in einem solchen Wärmeschrank infolge der Viskositätsniedrigung abtropfen, jedoch in viel geringerem Ausmaß als bei den beschriebenen herkömmlichen Verfahren, so daß die Reinigungsarbeiten und Imprägniermittelverluste verringert werden. Auch ist das Imprägniermittel am Bauteil ganz oder im wesentlichen nur an den Stellen, wo es notwendig ist und verschmutzt kaum andere Bereiche des elektrischen Bauteiles, so daß die oben beschriebenen Vor- und Nacharbeiten ganz oder im wesentlichen entfallen können.

Man kann das erfindungsgemäße Verfahren im Falle des Einsatzes eines gesonderten Wärmeschrankes auch so besonders zweckmäßig durchführen, daß noch in dem Behälter das Aushärten des Imprägniermittels am elektrischen Bauteil begonnen und soweit durchgeführt wird, bis es etwa soweit geliert ist, daß es, wenn das Bauteil zum vollständigen Aushärten in den Wärmeschrank gebracht wird, in diesem Wärmeschrank trotz den hier herrschenden hohen Temperaturen kein Imprägniermittel mehr vom Bauteil abtropft, sondern es nur noch aushärtet. Dies kann auch eine Dreheinrichtung zum Drehen des Bauteiles im Wärmeschrank einsparen. Dieses Verfahren verkürzt die Verweilzeiten der elektrischen Bauteile im Behälter ohne Inkaufnahme von Imprägniermittelverlusten im Wärmeschrank.

Im allgemeinen ist es jedoch besonders zweckmäßig, die elektrischen Bauteile im Behälter bis zum vollständigen Aushärten des Imprägniermittels zu belassen und eignet sich in dieser Ausführungsform besonders gut für Vollautomatisierung.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß das Unterdruck-Imprägnieren sich insbesondere für relativ schwere und große elektrische Bauteile eignet, bspw. auch für Bauteile, die oft mehrere hundert Kilogramm oder gar mehrere Tonnen wiegen. Dann erfordert bereits jeder Transport solcher Bauteile erheblichen Arbeitsaufwand und, wenn die elektrischen Bauteile nach dem Träufel-Imprägnieren im Behälter auch noch vollständig ausgehärtet werden, dann entfällt auch der bisher stets erforderliche Transportvorgang vom Behälter zum Wärmeschrank.

Bei dem flüssigen Imprägniermittel kann es sich um beliebige, geeignete Imprägniermittel handeln, die aushärtbar sind. Bspw. können die Imprägniermittel solche sein, wie sie auch bei den herkömmlichen Verfahren eingesetzt wurden. Bei dem Imprägniermittel kann es sich insbesondere um härtbare Harz, vorzugsweise Kunstharz — auch Tränkharz genannt — oder härtbare Lack handeln. Es hat auch gute elektrisch isolierende Eigenschaften. Auch ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren hohen Qualitätsstandard und das Erreichen hoher Isolationsklassen der elektrischen Bauteile.

Wenn das elektrische Bauteil eine Längsachse auf-

weist, wie es bspw. bei Rotoren und Statoren von elektrischen Maschinen der Fall ist, kann zweckmäßig vorgesehen sein, daß es im Behälter um seine Längsachse rotiert.

Die Verteilung des Imprägniermittels in der betreffenden Wicklung und über diese Wicklung und in den Nuten usw. der elektrischen Bauteile ist dadurch verbessert und vergleichmäßig, daß man das elektrische Bauteil nicht nur rotiert, sondern es auch während des Träufelns und ggfs. während des Gelierens oder des Aushärtens zumindest zeitweise schräg stellt, vorzugsweise die Schrägstellung mehrfach oder stetig verstellt. Dies kann bei Bauteilen, die um ihre Längsachse rotiert werden, dadurch zweckmäßig erfolgen, indem man das Bauteil so verschwenkt, daß seine Längsachse in einer vertikalen Ebene dabei schwenkt. Das Schrägstellen erfolgt innerhalb des Behälters, also relativ zu ihm.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß das elektrische Bauteil vor dem Träufel-Imprägnieren erwärmt wird und das Imprägniermittel auf es in dessen erwärmten Zustand geträufelt wird. Hierdurch wird die Viskosität des Imprägniermittels durch seine am Bauteil stattfindende Temperaturerhöhung erniedrigt und so seine Fähigkeit, sich über die Wicklung, Spule oder Spulen des elektrischen Bauteiles zu verteilen und diese intensiv zu tränken noch verbessert und so eine besonders gleichmäßige und intensive Imprägnierung erreicht. Infolge des Unterdrucks im Behälter findet auch das Imprägniermittel seinen Weg in kleinste auszufüllende Hohlräume. Der abgesenkte Druck im Behälter kann bspw. 10 bis 600 mbar oder auch noch weniger oder mehr betragen.

Falls Erwärmen der elektrischen Bauteile vor dem Träufel-Imprägnieren vorgesehen ist, kann dieses Erwärmen auf unterschiedliche Weise vorgesehen sein. Besonders vorteilhaft ist es, die elektrischen Drähte der Spulen, Wicklungsstränge, Wicklungsköpfe und dergleichen mit elektrischem Strom in der Weise zu speisen, daß die gewünschte Erwärmung des elektrischen Bauteiles insbesondere im Bereich dieser elektrischen Drähte stattfindet. Dieses Erwärmen kann mittels Gleichstrom, Wechselstrom oder Drehstrom erfolgen. Es ist denkbar, daß die Anwendung von hochfrequentem Wechsel- oder Drehstrom besonders günstig ist, um auch rasches Erwärmen des gesamten magnetisch wirksamen Eisens, wie Blechpaket usw. des elektrischen Bauteiles zu erreichen. Es ist jedoch auch möglich, vorzusehen, sei es in Ergänzung zu der Erwärmung des elektrischen Bauteiles durch seine Drähte durchströmenden elektrischen Strom oder für sich allein, es auf andere Weise zu erwärmen, bspw. vor Einbringen in den Behälter in einem Wärmeschrank oder im Behälter bspw. mittels Infrarotstrahlung.

Wenn die elektrischen Bauteile nach dem Träufel-Imprägnieren noch im Behälter verbleiben und das auf sie aufgebrachte und in sie eingedrungene Imprägniermittel noch im Behälter geliert oder vollständig ausgehärtet wird, so ist zu diesem Zweck das Imprägniermittel auf das Gelieren bzw. Aushärten ausreichend rasch bewirkende Temperaturen zu erhitzen, bspw. auf Temperaturen von 130° bis 200° C. Auch dies kann vorzugsweise mittels elektrischem Strom erfolgen, der die Drähte des elektrischen Bauteiles durchströmt und die Drähte hierdurch erwärmt. Auch dieser Strom kann Gleichstrom, Wechselstrom oder Drehstrom sein, ggfs. hochfrequenter Wechsel- oder Drehstrom. Auch hier kann vorgesehen sein, ggfs. noch mindestens eine zusätzliche Wärmequelle vorzusehen, bspw. im Behälter noch mindestens

einen Infrarotstrahler zur Infrarotbestrahlung der elektrischen Bauteile anzuordnen. Oder das Aushärten kann auch dadurch beschleunigt werden, indem das den Behälterinnenraum ausfüllende Restgas oder Luft erwärmt wird. Hierzu kann man in vielen Fällen auch vorsehen, bereits zu Beginn des Aushärtens oder während des Aushärtens im Behälterinnenraum wieder atmosphärischen Luftdruck herzustellen, so daß die erwärmte Luft dann an der Erwärmung des elektrischen Bauteiles entsprechend mitwirken kann.

Im Behälter ist mindestens eine rotierbare Haltevorrichtung angeordnet, die dem Halten von zu imprägnierenden elektrischen Bauteilen dient. In vielen Fällen genügt es, eine einzige Haltevorrichtung zum jeweiligen Halten eines einzigen Bauteiles oder ggfs. auch zum gleichzeitigen Halten mehrerer elektrischer Bauteile im Behälter anzuordnen. Es ist jedoch auch möglich, eine Mehrzahl von Haltevorrichtungen zum gleichzeitigen Halten einer entsprechenden Anzahl von elektrischen Bauteilen im Behälter anzuordnen, so daß dann gleichzeitig diese entsprechende Mehrzahl von elektrischen Bauteilen im Behälter träufelprägniert und in ihm gegebenenfalls das Imprägniermittel sofort anschließend geliert, vorzugsweise vollständig ausgehärtet werden kann.

Die Haltevorrichtung zum Halten eines elektrischen Bauteiles kann irgendeine geeignete Ausbildung haben, vorzugsweise eine Einspannvorrichtung sein oder aufweisen. Sie muß es ermöglichen, daß das von ihr gehaltene, mindestens eine elektrische Bauteil rotiert werden kann. Zu diesem Zweck kann die Haltevorrichtung drehbar gelagert und durch einen innerhalb oder außerhalb des Behälters angeordneten Elektromotor angetrieben werden. In vielen Fällen ist es besonders vorteilhaft, wenn die Haltevorrichtung ein Spannfutter ist oder ein Spannfutter aufweist, vorzugsweise ein Mehrbackenfutter, bspw. ein Dreibackenfutter. Auch andere Haltevorrichtungen zum Halten der elektrischen Bauteile sind selbstverständlich möglich.

Es ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung auch möglich, daß im Behälter nach Beendigung des Träufelns, bspw. während des Ausgelierens bzw. Aushärtens des Imprägniermittels im Behälter der Unterdruck beendet und atmosphärischer Druck erzeugt wird oder, was in manchen Fällen für das Imprägnieren ebenfalls günstig sein kann, Überdruck erzeugt wird, der das Imprägniermittel in von ihm noch nicht erreichte Hohlräume der elektrischen Bauteile drücken kann. Es findet in letzterem Falle also eine kombinierte Anwendung von Unterdruck und Überdruck statt.

Der Behälter kann irgendeine geeignete Ausbildung aufweisen. Vorzugsweise kann er ungefähr die Gestalt eines Zylinders mit gewölbten Stirnflächen aufweisen. In vielen Fällen kann dabei zweckmäßig vorgesehen sein, daß die oder mindestens eine Haltevorrichtung im Behälter so angeordnet ist, daß ihre Drehachse mit der Längsachse des Behälters ungefähr zusammenfällt.

Die Lösung der Aufgabe kann auch durch eine Anlage mit den Merkmalen des Anspruchs 7 erfolgen.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt.

Die einzige Figur der Zeichnung zeigt in teilweise geschnittener Seitenansicht eine Anlage zum Unterdruck-Imprägnieren von elektrischen Bauteilen gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Diese Anlage 10 weist einen luftdicht verschließbaren, tankförmigen Behälter 11 auf. Seine Wandung besteht aus zwei Teilen 12, 13. Das Teil 12 bildet die rechts-

seitige, gewölbte Stirnwand 14 des Behälters und einen anschließenden kurzen Bereich seiner kreiszylindrischen Umfangswandung 15. Das Teil 13 bildet die linksseitige, gewölbte Stirnwand 14' des Behälters und nahezu die gesamte Umfangswandung. Diese Teile 12 und 13 weisen an ihren einander zugewendeten Endbereichen je einen Ringflansch 16, 17 auf, die bei geschlossenem Behälter 11 unter Zwischenfügung einer Dichtung mittels Klemmbügel 19 miteinander abgedichtet verbunden sind. Diese am Teil 13 schwenkbar gelagerten Klemmbügel 19 können über die aneinander angesetzten Ringflansche 16, 17 geschwenkt und dann mittels Schrauben angezogen werden, bis die beiden Behälterteile 12, 13 luftdicht miteinander verbunden sind.

Das Behälterteil 13 ist auf Rädern 20 fahrbar. Dagegen ist das Behälterteil 12 fest an einem Ständer 21 angeordnet.

Mittels eines stufenlos drehzahlverstellbaren Elektromotors 29, der vorzugsweise ein Getriebemotor sein kann, läßt sich eine Welle 30 antreiben, an der eine Einspannvorrichtung 31 bildende Haltevorrichtung, hier ein Spannfutter, insbesondere ein Dreibacken-Spannfutter 31 angeordnet ist.

In diesem Ausführungsbeispiel ist in das Spannfutter 31 der rechtsseitige Wellenzapfen eines Rotors 32, der für eine elektrische Maschine bestimmt ist, fluchtend eingespannt. Der linksseitige Wellenzapfen des Rotors 32 ruht auf zwei drehbar gelagerten Rollen eines Auflagers 33 drehbar auf.

Auf der Welle 30 sind mit Schleifbürsten zusammenwirkende Schleifringe 34 befestigt. Diese Schleifbürsten sind über elektrische Leitungen an eine elektrische Stromversorgung angeschlossen. Die Wicklung des Rotors 32 ist an die Schleifringe 34 in nicht dargestellter Weise elektrisch angeschlossen und durch Einschalten der Stromversorgung 35 kann so die Wicklung mit elektrischem Strom beschickt werden, der ihrer Erwärmung und auch der der Erwärmung des übrigen Rotors 32 für das Träufelprägnieren und das nachfolgende Aushärten des auf ihn aufgetragenen und in ihn eingedungenen Imprägniermittels dient.

Für das Imprägniermittel ist ein Vorratsgefäß 36 vorgesehen, das beispielsweise am Ständer 21 befestigt ist.

Im Inneren des Behälters 11 sind sich parallel zu dessen Längsachse erstreckende Führungsstangen 37 fest angeordnet, auf denen Träufeldüsen 39 längsverschiebbar angeordnet sind. Die Verschiebung dieser Träufeldüsen kann motorisch oder von Hand vorgesehen sein. Besonders zweckmäßig ist es, wenn zumindest die mittlere Träufeldüse 39 motorisch verschiebbar ist, um sie beim Träufeln auf der zugeordneten Führungsstange 37 oszillierend motorisch hin und her zu bewegen. Beispielsweise kann sie mittels einer drehbaren Gewindespindel, die mit einer an der Träufeldüse 39 fest angeordneten Mutter zusammenwirkt, lageverstellt werden. Die Träufeldüsen 39 sind über zugeordnete Leitungen 40, in denen jeweils je ein Absperrventil 41 angeordnet ist, an das Vorratsgefäß 36 angeschlossen.

Die innerhalb des Behälters 11 befindlichen Abschnitte der Leitungen 40 sind längenverstellbar, beispielsweise Teleskopleitungen, oder flexibel, um die Lageverstellbarkeit der Träufeldüsen 39 zuzulassen.

In die Stirnwand 14 des Behälters 11 ist eine Gasleitung 42 eingesetzt, in die ein Absperrventil 43 und eine Unterdruckquelle 44 eingesetzt ist.

Diese Unterdruckquelle 44 dient dem Absaugen von Gas, das Luft oder im wesentlichen Luft ist, aus dem Behälter 11 zu dessen Evakuierung. Diese Unterdruck-

quelle 44 kann eine Saugpumpe oder zur Zeitersparnis ein vorher evakuierter Hohlraum sein. Die Unterdruckquelle 44 kann zum Beispiel im Behälter 11 dessen Innendruck auf ca. 0,05 bis 0,5 bar absenken oder auf noch geringeren oder größeren Wert.

Wie in der Zeichnung strichpunktiert dargestellt ist, kann in manchen Fällen auch zweckmäßig vorgesehen sein, daß an den Innenraum des Behälters, hier über die Leitung 42 und eine ein Absperrventil 45 enthaltende Abzweigleitung 42' eine Druckpumpe 44' angeschlossen werden kann, um im Behälter 11 auch Überdruck mittels dieser Pumpe 44' erzeugen zu können.

Das Auflager 33 ist an einem Balken 46 befestigt, der in einem am Ständer 21 fest angeordneten Führungsrohr geradegeführt und gegen Drehen gesichert längsverschiebbar gelagert und in jeder eingestellten Lage arretierbar ist, um so den Abstand des Auflagers 33 von der Einspannvorrichtung 31 für unterschiedliche elektrische Bauteile, die einzuspannen sind, anpassen zu können.

Zum Öffnen des Behälters 11 werden die Klemmbügel 19 gelöst und das Behälerteil 11 kann dann beispielsweise von Hand oder motorisch nach links entlang dem Fußboden 18 verfahren werden, wobei es soweit nach links verschoben wird, bis der Rotor 32 für das Auswechseln gegen ein anderes elektrisches Bauteil, beispielsweise einen gleichen Rotor 32 frei ist. Der vorangehend träufelimpregnierte Rotor 32 wird dann nach Lösen des Spannfutters 31 abgenommen und ein zu impregnierender neuer Rotor 32 in die Einspannvorrichtung 31 eingespannt und mit seinem linken Wellenzapfen auf das Rollen-Auflager 33 aufgelegt. Dann wird das Behälerteil 13 nach rechts gefahren, bis sein Flansch 17 dem Flansch 16 unmittelbar gegenübersteht und dann werden die Klemmbügel 19 in die dargestellten Stellungen geschwenkt und mittels ihrer Klemmschrauben festgeklemt. Dieser Behälter 11 ist nunmehr luftdicht nach außen abgeschlossen. Es wird nun die Pumpe 44 eingeschaltet und das Absperrventil 43 geöffnet, so daß diese Pumpe 44 nunmehr Luft aus diesem Behälter 11 absaugt und so seinen Innendruck absenkt, bspw. auf 0,05 bis 0,5 bar. Je nach Zweckmäßigkeit kann der Unterdruck im Behälter 11 auch noch kleiner oder größer sein.

Während dieser Unterdruck erzeugt wird oder erst nach dessen Erzeugung, wird der Elektromotor 29 eingeschaltet und treibt mit vorbestimmter Drehzahl die Welle 30 und damit die Einspannvorrichtung 31 und den eingespannten Rotor 32 an. Dieser Rotor 32 rotiert nunmehr um seine Längsachse. Gleichzeitig mit dem Motor 29 oder zeitlich versetzt zu ihm, ggfs. auch schon vor dem Schließen des Behälters 11, kann die Stromversorgung 35 eingeschaltet werden und speist die Wicklung des Rotors 32 zu ihrer Erwärmung auf bspw. 70 bis 120 Grad Celsius, wodurch auch der übrige Rotor 32 mehr oder weniger stark miterwärmt wird. Diese Temperatur kann gesteuert oder geregelt werden.

Dieses Erwärmen des Rotors 32, d. h. insbesondere seiner Wicklung, hat den Vorteil, daß das aus den Träufeldüsen 39 auf den Rotor träufelbare Imprägniermittel sich am Rotor 32 erwärmt und so seine Fließfähigkeit verbessert wird, und es kann deshalb rascher und gleichmäßiger in die Wicklung und in die von Spulen der Wicklung durchdrungenen Nuten des Rotoreisens eindringen und auch besonders kleine Hohlräume ausfüllen. Und zwar werden nach Erreichen der vorbestimmten Temperatur des Rotors bzw. seiner Wicklung die Absperrventile 41 geöffnet und der im Behälter 11 vor-

handene Unterdruck saugt nunmehr Imprägniermittel aus dem Vorratsgefäß 36 durch die Leitungen 40 hindurch zu den Träufeldüsen 39, von wo das Imprägniermittel auf den Rotor 32 träufelt. Gegebenenfalls ist es möglich, die Stärke des Träufelns mittels der Absperrventile 41 einzustellen, indem diese als einstellbare Drosselventile ausgebildet werden.

Die beiden äußersten Träufeldüsen 39 sind auf ihren Führungsstangen 37 so eingestellt, daß sie das Imprägniermittel auf die beiden Wickelköpfe 51 des Rotors 32 träufeln.

Die mittlere Träufeldüse 39 ist in vielen Fällen nicht notwendig. Wenn sie vorgesehen und eingeschaltet ist, dann dient sie dazu, auf den genutzten Teil des Rotors 32 Imprägniermittel zu träufeln, wobei dessen Nuten normalerweise durch Nutkeile verschlossen sind. Diese mittlere Träufeldüse 39 kann dabei zweckmäßig motorisch so angetrieben sein, daß sie auf ihrer zugeordneten Führungsstange 37 oszillierende Bewegungen, beispielsweise gemäß dem strichpunktierten Doppelpfeil B, ausführt. Hierdurch werden die Nuten durch dieses auf sie gelangende Imprägniermittel besser als allein durch die Keile möglich verschlossen und elektrisch isoliert. Je nach den Keilen kann dieses Imprägniermittel auch in die Nuten von den Nutaußenseiten her hineingelangen.

Da sich der Rotor 32 in dem Unterdruck aufweisenden Innenraum des Behälters 11 befindet, kann sich das auf ihn geträufelte Imprägniermittel besonders rasch und praktisch blasenfrei verteilen. Das auf die Wickelköpfe 51 abgetropfte Imprägniermittel gelangt nicht nur in die Wickelköpfe, sondern gelangt auch in die Nuten des Rotors 32. Es gelingt sehr gutes, im wesentlichen oder weitgehend luftfreies Ausfüllen der Wicklung und der Nuten des Blechpaketes des Rotors 32 mit Imprägniermittel.

Das Eindringen des Imprägniermittels in die Nuten des Rotoreisens wird dadurch beschleunigt oder verbessert, indem man den Rotor zumindest zeitweise schrägstellt, vorzugsweise in unterschiedliche Schrägstellungen, und zwar während des Träufelns des Imprägniermittels und ggfs. auch noch während des anschließenden Aushärtens des Imprägniermittels. Hierauf wird nachstehend noch näher eingegangen.

Mittels der Träufeldüsen 39 kann also das Imprägniermittel genau an gewünschte Stellen des zu impregnierenden elektrischen Bauteiles gebracht werden, von denen aus es sich weiter verteilt, und zwar zweckmäßig nur in solchen Mengen, daß das gesamte auf den Rotor aufgebrachte Imprägniermittel ganz oder im wesentlichen auf ihm verbleibt und nicht von ihm abtropft oder nur in geringem Ausmaß von ihm abtropft. Dabei unterstützt die Rotation des Rotors 32 während des Träufelns des Imprägniermittels dessen gleichmäßige Verteilung über die gesamte Wicklung. Auch wird durch die Rotation Abtropfen oder stärkeres Abtropfen des Imprägniermittels vom Rotor 32 verhindert.

Die Drehzahl der Einspannvorrichtung 31 ist zweckmäßig stufenlos verstellbar, so daß man für jedes eingespannte, zu impregnierende elektrische Bauteil eine jeweils besonders günstige Drehzahl während des Aufträufelns von Imprägniermittel auf es durch Versuche feststellen und dann bei der Serienherstellung entsprechend für jedes elektrische Bauteil der betreffenden Serie einstellen kann.

Nachdem auf den Rotor 32 ausreichend Imprägniermittel geträufelt wurde und entsprechend seine Wicklung mit dem Imprägniermittel bei gleichzeitigem, nach-

folgend noch erläuterten Schrägstellen des Rotors 32 getränkt ist, können die Ventile 41 abgesperrt und damit das Träufeln beendet werden. Nunmehr kann man, was besonders zweckmäßig ist, den Rotor 32 weiterhin im Behälter 11 belassen, vorzugsweise so lange, bis das Imprägniermittel, welches auf den Rotor 32 aufgebracht wurde und in seine Wicklung eingedrungen ist, geliert ist oder vorzugsweise vollständig ausgehärtet ist.

Dieses Gelieren oder vollständige Aushärten kann bei vorzugsweise erhöhter Temperatur der Wicklung und damit des Rotors 32 durchgeführt werden, indem der die Wicklung beaufschlagende Strom entsprechend auf größere Stromstärke mittels der Stromversorgung 35 eingestellt wird. Dabei kann auch zweckmäßig vorgesehen sein, die Drehzahl des Rotors 32 zu erhöhen, um das Abtropfen von Imprägniermittel vom Rotor in dieser Phase besonders gut zu verhindern.

Das Gelieren bzw. Aushärten des Imprägniermittels am Rotor 32 kann beispielsweise bei Temperaturen von 130 bis 200 Grad Celsius der Wicklung erfolgen.

Die Temperatur der Wicklung des Rotors 32 beim Aufträufeln des Imprägniermittels kann beispielsweise 70 bis 120 Grad Celsius betragen und ist so zu wählen, daß das Imprägniermittel möglichst gut die Hohlräume der Wicklung ausfüllt.

Wenn der gewünschte Härtungszustand des Imprägniermittels am Rotor 32 erreicht ist, wird der Motor 29 und die Stromversorgung 35 abgeschaltet. Die Vakuumpumpe 44 wird ebenfalls abgeschaltet, falls sie nicht bereits vorher abgeschaltet ist und in den Innenraum des Behälters Luft eingelassen, bis Druckausgleich mit der Umgebungsatmosphäre eingetreten ist. Hierzu kann beispielsweise am Behälter ein Lufteinlaßventil 49 angeordnet sein, daß beim Absperren des Ventiles 43 und Abschalten der Saugpumpe 44 geöffnet wird und den Druckausgleich bewirkt. Dann werden die Klemmbügel 19 gelöst und das linke Behälterteil 13 nach links gefahren und der imprägnierte Rotor von der Haltevorrichtung abgenommen und gegen ein anderes zu imprägnierendes elektrisches Bauteil ausgewechselt.

Der beschriebene gesamte Arbeitsablauf, wie er bei geschlossenem Behälter 11 stattfindet, kann vorzugsweise voll automatisiert sein. Zu diesem Zweck ist in diesem Ausführungsbeispiel am Ständer 21 eine Steuervorrichtung, vorzugsweise eine unterschiedlich programmierbare, bspw. als Mikroprozessor ausgebildete Programmsteuervorrichtung 53 angeordnet und einige gestrichelt angedeutete Wirkungslinien sollen die Möglichkeit der vollautomatischen Steuerung andeuten. Es kann ggfs. auch das Öffnen und Schließen des Behälters 11 und/oder das Auswechseln der elektrischen Bauteile, wie 32, vollautomatisch durchgeführt werden.

Es ist in angedeuteter Weise (Pfeile 22) vorgesehen, daß das jeweils in die Einspannvorrichtung 31 eingespannte und auf dem Auflager 33 aufliegende elektrische Bauteil innerhalb des Behälters relativ zu ihm schräg gestellt werden kann. Um die Schwenkbarkeit der Haltevorrichtung 31 relativ zum Behälter 11 zu erreichen, kann beispielsweise vorgesehen sein, daß in die Welle 30 ein Kreuzgelenk eingesetzt ist (nicht dargestellt), so daß sie zwei zueinander schwenkbare Wellenteile aufweist. Ferner kann das Auflager 33 an der Kolbenstange eines ungefähr vertikal angeordneten Arbeitszylinders oder an einer sonstigen Höhenstellvorrichtung angeordnet sein, die das Auflager 33 anheben und absenken kann.

1. Verfahren zum Träufel-Imprägnieren von Wicklungen aufweisenden oder Spulen bildenden elektrischen Bauteilen, insbesondere von Rotoren (32) und Statoren elektrischer Maschinen, wobei jedes elektrische Bauteil mit flüssigem Imprägniermittel imprägniert wird und während des Träufelns ständig oder zeitweise rotiert sowie zumindest zeitweise schräggestellt ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Imprägnieren in einem luftdicht verschlossenen Behälter (11) bei Unterdruck erfolgt und daß das Schrägstellen des elektrischen Bauteils durch sein Schwenken relativ zum Behälter bewirkt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schrägstellung während des Träufelns mehrfach oder stetig verstellt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Unterdruck im Behälter (11) erst während des Aushärtens oder nach dem Aushärten aufgehoben wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach Beendigung des Träufelns, vorzugsweise während des Aushärtens des Imprägniermittels im Behälter Überdruck erzeugt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Bauteil vor dem Träufelimprägnieren erwärmt wird und daß das Imprägniermittel auf das erwärmte Bauteil geträufelt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach Beendigung des Träufelns das elektrische Bauteil noch im Behälter bei vorzugsweise erhöhter Temperatur zumindest bis zum Gelieren des Imprägniermittels, vorzugsweise bis zum vollständigen Aushärten des Imprägniermittels, belassen wird und vorzugsweise zumindest zeitweise während des Aushärtens rotiert.

7. Anlage zum Träufelimprägnieren von elektrischen Bauteilen, mit einer mindestens eine Träufeldüse (34) aufweisenden Träufelimprägniervorrichtung (36, 39, 40, 41) und mindestens einer motorisch drehbaren Haltevorrichtung zum Halten des zu imprägnierenden elektrischen Bauteils (32), wobei die Haltevorrichtung ein drehbares Spannfutter (31) aufweist oder bildet und vorzugsweise ein Auflager (33) für das in das Spannfutter jeweils eingespannte elektrische Bauteil im Abstand vor dem Spannfutter angeordnet ist, und wobei die Haltevorrichtung zum Schrägstellen des jeweils von ihr gehaltenen elektrischen Bauteils auf- und abschwenkbar ist, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anlage einen luftdicht verschließbaren Behälter und eine Unterdruckquelle zum Erzeugen von Unterdruck in diesem Behälter aufweist, und daß die Träufelimprägniervorrichtung (36, 39, 40, 41) und die schwenkbare Haltevorrichtung in diesem Behälter angeordnet sind.

8. Anlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Träufeldüse (39) mittels einer ein Absperrventil (41) enthaltenden Leitung (40) an ein Vorratsgefäß für Imprägniermittel angeschlossen ist, derart, daß das Imprägniermittel nach Öffnen des Absperrventils durch den im Behälter (11) herr-

schenden Unterdruck zu der Träufeldüse förderbar
ist

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

